

УДК 629.7.02:539.4

Н.И.Гадалин, В.А.Мехеда, Ю.Л.Тарасов, В.Т.Тимшин

ВЛИЯНИЕ ВАКУУМА НА ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
СПЛАВА Д16АТ

В работе показана возможность использования метода статической петли гистерезиса для исследования влияния вакуума на неупругие свойства конструкционных материалов. Испытания проводились на образцах из сплава Д16АТ на воздухе и в вакууме с использованием серийной установки ИМАШ-5С, для которой было спроектировано специальное приспособление, позволяющее производить силовое нагружение образца по схеме поперечного изгиба непосредственно в вакуумной камере. Образцы вырезались из одного листа толщиной 4 мм в направлении прокатки. Рабочая часть образца выполнялась в виде тела равного сопротивления изгибу.

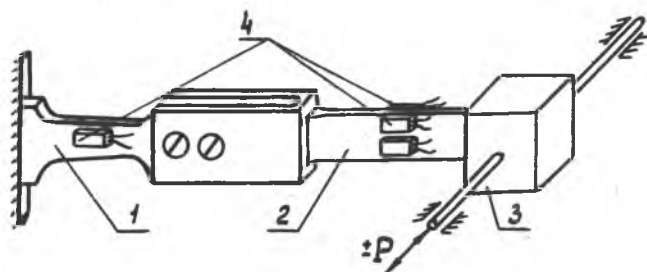


Рис. I

Характеристики неупругости как на воздухе, так и в вакууме определялись по методу статической петли гистерезиса [1], который обеспечивает высокую чувствительность к нелинейной деформации.

ции. Обозначим через  $\varepsilon$  полную деформацию, а через  $\varepsilon_1 = \frac{\sigma}{E}$  - ее линейную составляющую. Тогда нелинейная составляющая определится как  $\varepsilon_2 = \varepsilon - \varepsilon_1$ .

Для измерения линейной деформации к концу образца I (рис. 1) присоединился удлинитель 2, свободный конец которого связан с нагружающим устройством через шарнир 3. В качестве измерителей деформации использовались датчики омического сопротивления 4 типа 2ФКПА-3-100ГВ. Балансировка мостовой схемы по линейной составляющей деформации осуществлялась при небольших напряжениях в образце, не превышающих  $4 \text{ кг/мм}^2$ .

По петле гистерезиса фиксировалась нелинейная деформация начала нагружения  $\varepsilon_2^{(1)}$ , нелинейная  $\Delta\varepsilon_2$  и неупругая  $\Delta\varepsilon_{2,0}$  деформации за цикл (рис. 2), а также напряжение текучести поверхностного слоя  $\sigma_{т.пов}$ .

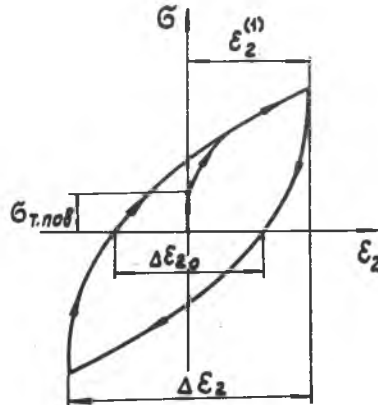


Рис. 2

Как на воздухе, так и в вакууме было испытано по три образца. Режим нагружения их был одинаковым. Наибольшее номинальное напряжение  $\sigma_n$  принималось равным  $12,5 \text{ кг/мм}^2$ .

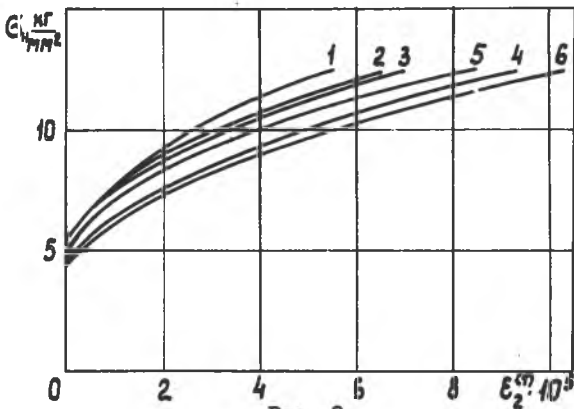


Рис. 3

На рис. 3 показана зависимость нелинейной деформации  $\varepsilon_2^{(H)}$  от номинальных напряжений  $\sigma_H$  в начале первого цикла нагружения. Испытаниям на воздухе соответствуют кривые 1, 2, 3, а испытаниям в вакууме - 4, 5, 6. Видно, что интенсивное пластическое течение в вакууме начинается при меньших напряжениях ( $\sigma_{т.лог} \approx 4,3 + 4,7 \text{ кг/мм}^2$ ), чем на воздухе ( $\sigma_{т.лог} = 5,2 \text{ кг/мм}^2$ ). Это происходит, по-видимому, в результате обезгаживания [2] и в первую очередь удаления водорода из приповерхностного слоя материала.

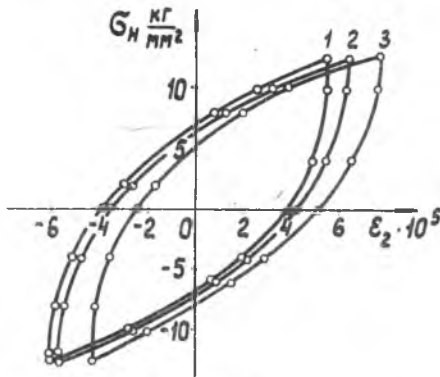


Рис. 4

рис. 5. Их сопоставление показывает, что петли гистерезиса в вакууме шире (увеличивается пластическая деформация образцов) и смещены в сторону положительных деформаций.

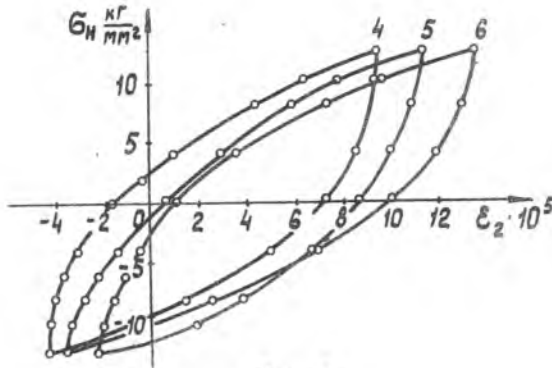


Рис. 5

В процессе эксперимента на воздухе наблюдается быстрая стабилизация петли второго и третьего циклов полностью совпали. При испытаниях же в вакууме петли стабилизируются лишь на пятом, шестом циклах.

Стабилизированные петли гистерезиса в координатах  $\sigma_H - \varepsilon_2$ , полученные при испытаниях на воздухе, представлены на рис. 4, а при испытаниях в вакууме - на

По методике работы [3] оценивалась толщина поверхностного слоя  $\delta$ , охваченного пластической деформацией:

$$\delta = \frac{E \varepsilon_2^{(1)}}{\sigma_H + E \varepsilon_2^{(1)} - \sigma_{T.пов}} \quad (I)$$

Здесь  $E$  - модуль упругости исследуемого материала;  $h$  - толщина образца.

Результаты экспериментальных исследований и расчеты по формуле (I) представлены в таблице I.

Таблица I

№ образца	Условия испытаний в мм ртутного столба	$\sigma_{T.пов}$ кг/мм <sup>2</sup>	$\varepsilon_2^{(1)}$	$\Delta \varepsilon_2$	$\Delta \varepsilon_{2,0}$	$\delta$ мкм
1.	760	5,2	$5,5 \cdot 10^{-5}$	$11,7 \cdot 10^{-5}$	$7,9 \cdot 10^{-5}$	34,0
2.	760	5,2	$6,5 \cdot 10^{-5}$	$12,3 \cdot 10^{-5}$	$7,7 \cdot 10^{-5}$	40,0
3.	760	5,2	$6,95 \cdot 10^{-5}$	$12,1 \cdot 10^{-5}$	$7,6 \cdot 10^{-5}$	43,0
4.	$5 \cdot 10^{-6}$	4,5	$8,5 \cdot 10^{-5}$	$14,0 \cdot 10^{-5}$	$8,9 \cdot 10^{-5}$	47,0
5.	$5 \cdot 10^{-6}$	4,7	$9,3 \cdot 10^{-5}$	$13,8 \cdot 10^{-5}$	$7,7 \cdot 10^{-5}$	53,0
6.	$5 \cdot 10^{-6}$	4,3	$10,3 \cdot 10^{-5}$	$17,1 \cdot 10^{-5}$	$9,4 \cdot 10^{-5}$	55,0

Из таблицы видно, что в вакууме глубина поверхностного слоя  $\delta$ , охваченного пластической деформацией, возрастает по сравнению с испытаниями на воздухе в среднем на 27%. Следует отметить также, что воздействие вакуума приводит к возрастанию характеристик неупругости материала. Нелинейная деформация начала нагружения увеличилась на 32%, нелинейная деформация стабилизированного процесса деформирования увеличилась на 24%, неупругая - на 10% за цикл.

Наблюдаемое повышение пластического течения материала в вакууме можно объяснить уменьшением эффективных поверхностных напряжений [4] вследствие дегазации, облегченного выхода дислокаций на поверхность и гомогенизации скольжения [5-6].

Л и т е р а т у р а

1. Мехеда В.А., Хазанов Х.С. О методах измерения динамической петли гистерезиса. - В сб.: Вопросы прикладной механики в авиационной технике, вып. 63. Труды КуАИ, 1972.
2. Адукин А.В., Гусляков А.А. и др. Влияние высокого вакуума на деформацию меди и алюминия. "Проблемы прочности", № 3, 1971.
3. Мехеда В.А. Исследование нелинейных деформаций тензорезисторами. - В кн.: Вопросы прочности элементов авиационных конструкций. Межвузовский сборник, вып. 2, изд. КуАИ, 1975.
4. Кочанова Л.А., Федосеева Н.П. и др. О закономерностях ползучести монокристаллов свинца в условиях влияния физико-химических факторов. ФХММ, т. 6, вып. 3, 1970.
5. Shen H., Podlaseck S., Kramer J. *Vacuum effects on the tensile and creep properties of aluminum. Trans. Met. Soc. AIME, 1965, v. 233, N11, p. 1933-1938.*
6. Медведев Е.М., Гусляков А.А. Влияние вакуума на пластические свойства алюминиевого сплава АМЦ. - В сб.: Космические исследования на Украине. № 6, Киев, "Наукова Думка", 1975.